



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

Offenlegungsschrift DE 102 01 300 A 1

⑤ Int. Cl.⁷:
B 28 B 3/00

②1 Aktenzeichen: 102 01 300.4
②2 Anmeldetag: 15. 1. 2002
④3 Offenlegungstag: 22. 8. 2002

DE 102 01 300 A 1

③0 Unionspriorität:

01-7930 16. 01. 2001 JP
01-370395 04. 12. 2001 JP

⑦1 Anmelder:

Micro Denshi Co. Ltd., Kawagoe, Saitama, JP;
Denso Corp., Kariya, Aichi, JP

⑦4 Vertreter:

Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner GbR, 80336
München

⑦2 Erfinder:

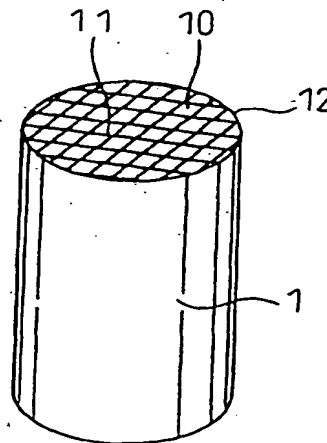
Miura, Yasunao, Kariya, JP; Minobe, Tomio, Fujimi,
JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren zur Anfertigung eines Wabenkörpers und Trockensystem

⑤7 Die Patentanmeldung betrifft ein Verfahren zur Anfertigung mindestens eines Wabenkörpers und ein Trockensystem, mit dem ein Wabenformkörper mit einer Zellwanddicke von höchstens 0,125 mm getrocknet werden kann, ohne dass es im Außenhautabschnitt zu Rissen oder Runzeln kommt. Bei dem Verfahren wird zur Anfertigung eines keramischen Wabenformkörpers (1) mit einer Vielzahl von Zellen (10), die durch in Wabenform angeordnete Zellwände (11) mit einer Dicke von höchstens 0,125 mm definiert werden, ein extrusionsgeformter tonartiger Wabenkörper (1) getrocknet, indem er einer hochgradig feuchten Umgebung mit einem Feuchtigkeitsgehalt von wenigstens 70% ausgesetzt wird, während er gleichzeitig mit Mikrowellen im Frequenzbereich von 1000 bis 10000 MHz bestrahlt wird.



DE 102 01 300 A 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Anfertigung mindestens eines Wabenkörpers bzw. insbesondere auf ein Trocknungsverfahren und ein Trockensystem.

[0002] Zur Anfertigung mindestens eines Keramikwabenkörpers wird ein tonartiger Wabenkörper extrusionsgeformt, getrocknet und gebrannt. Um diesen mindestens einen Wabenkörper zu trocknen, schlägt die Japanische Offenlegungsschrift Nr. 63-166745 zum Beispiel ein Verfahren vor, bei dem ein Hochfrequenzstrom verwendet wird, der beim Anlegen einer Spannung entlang von Elektroden entsteht, die an einem oberen Abschnitt und einem unteren Abschnitt des Wabenkörpers angeordnet sind. Dieses Verfahren soll das Innere und das Äußere des Wabenkörpers gleichmäßig erwärmen, um dadurch Fehler wie Risse und Runzeln zu vermeiden, die durch eine verschieden starke Schrumpfung verursacht werden könnten, die auf Unterschiede in der Trocknungsgeschwindigkeit zurückgeht.

[0003] Das vorstehend beschriebene Trocknungsverfahren lässt sich effektiv bei Wabenkörpern mit einer Zellwanddicke von 0,30 bis 0,15 mm und einer Außenhautdicke von 0,3 bis 1,0 mm einsetzen, also bei Wabenkörpern, die nach Stand der Technik gemeinhin in einem Abgasreinigungssystem für Kraftfahrzeuge als Katalysatorträger verwendet werden. Bei dünnwandigen Wabenkörpern mit einer Zellwanddicke von nicht mehr als 0,125 mm und einer Außenhautdicke von nicht mehr als 0,5 mm, die kürzlich entwickelt wurden, um den Bedarf nach einer besseren Abgasreinigungsleistung zu erfüllen, haben die Zellwand und die Außenhaut jedoch eine geringere Festigkeit als beim Stand der Technik. Bei solchen dünnwandigen Wabenkörpern lassen sich mit dem herkömmlichen, einen Hochfrequenzstrom verwendenden Verfahren daher nur schwer zufriedenstellende Maßnahmen ergreifen, mit denen sich Fehler in dem Außenabschnitt vermeiden lassen.

[0004] Angesichts der oben beschriebenen Probleme beim Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Anfertigung eines Wabenkörpers und ein Trockensystem zur Verfügung zu stellen, mit denen ein Wabenkörper mit einer Zellwanddicke von höchstens 0,125 mm getrocknet werden kann, ohne in seiner Außenhaut Fehler wie Risse oder Runzeln hervorzurufen.

[0005] Die Erfindung sieht hierzu ein Verfahren zur Anfertigung mindestens eines Keramikwabenkörpers vor, der eine Vielzahl von Zellen mit höchstens 0,125 mm dicken Wänden umfasst, bei dem ein extrusionsgeformter tonartiger Wabenkörper getrocknet wird, indem er einer hochgradig feuchten Umgebung mit einem Feuchtigkeitsgehalt von wenigstens 70% ausgesetzt und mit Mikrowellen einer Frequenz von 1000 bis 10 000 MHz bestrahlt wird.

[0006] Bei diesem Fertigungsverfahren wird der Wabenkörper also in einer hochgradig feuchten Umgebung mit einem Feuchtigkeitsgehalt von wenigstens 70% erwärmt. Dadurch kann die Außenfläche des Wabenkörpers auf einem passenden Feuchtigkeitsgehalt gehalten werden, sodass verhindert wird, dass sie so plötzlich trocknet, dass sie sich verformt. Auf diese Weise lassen sich unterschiedliche Trocknungsgeschwindigkeiten zwischen der Außenfläche und dem Inneren des Wabenkörpers verringern. Die verschieden starke Schrumpfung durch die unterschiedliche Trocknungsgeschwindigkeit zwischen dem Äußeren und dem Inneren des Wabenkörpers kann daher auch dann vermindert werden, wenn die Zellwanddicke lediglich höchstens 0,125 mm beträgt und die Dicke der Außenhaut verhältnismäßig gering ist. Die Bildung von Rissen, Runzeln oder ähnlichen Fehlern kann somit im Außenhautabschnitt verhindert werden. Je höher der Feuchtigkeitsgehalt der hoch-

gradig feuchten Umgebung ist, um so besser. Daher ist auch ein Feuchtigkeitsgehalt von 80% oder mehr oder sogar ein übersättigter Zustand zulässig.

[0007] Abgesehen davon werden bei der Erfindung als Heizung Mikrowellen verwendet. Dadurch lässt sich die Erwärmung der hochgradig feuchten Umgebung erreichen. Wenn ein herkömmlicher Hochfrequenzstrom als Heizung eingesetzt würde, für den in der Nähe des Wabenkörpers Elektroden angeordnet werden müssten, würde diese Elektrodenanordnung in der hochgradig feuchten Umgebung zwischen den Elektroden zu einer Funkentladung oder zu einem Spannungsdurchschlag führen, was eine Fehlfunktion der Anlage hervorrufen würde. Mikrowellen lassen sich dagegen über Wellenleiter zuleiten, weswegen keine Elektroden erforderlich sind, die in der Nähe des zu erwärmenden Objekts angeordnet werden müssten. Auch in einer hochgradig feuchten Umgebung können die Mikrowellen den Wabenkörper leicht erreichen und erwärmen. Die Kombination aus Mikrowellenheizung und hochgradig feuchter Umgebung verhindert demnach auch dann ausreichend ein Reißen oder Runzeln des Außenhautabschnitts während des Trocknens, wenn die Zellwanddicke nur 0,125 mm beträgt und der Außenhautabschnitt verhältnismäßig dünn ist. Durch die verbesserte Trocknung lässt sich als gebranntes Produkt, das aus dem anschließenden Brennvorgang hervorgeht, ein Wabenkörper hoher Qualität erzielen.

[0008] Bei dem Verfahren zur Anfertigung mindestens eines Wabenkörpers sollte die Temperatur der hochgradig feuchten Umgebung vorzugsweise mindestens 80°C betragen. Um die oben beschriebene Funktion und Wirkung zu erzielen, unterliegt die Temperatur der hochgradig feuchten Umgebung keinen Einschränkungen, sondern kann einen beliebigen Wert annehmen. Dennoch ermöglicht eine Temperatur von mindestens 80°C, die Wärmeabgabe von dem durch die Mikrowellen erwärmten Wabenkörper an die Umgebung zu unterdrücken und die Effizienz der Mikrowellenheizmittel zu verbessern.

[0009] Bei dem Verfahren zur Anfertigung mindestens eines Wabenkörpers wird die hochgradig feuchte Umgebung vorzugsweise unter Zufuhr von Hochtemperaturdampf gebildet. Um die Feuchtigkeit zur Ausbildung der hochgradig feuchten Umgebung zu erhöhen, kann ein Verfahren zum Einsatz kommen, bei dem aktiv Dampf zugeleitet wird. Der zu diesem Zweck verwendete Dampf schließt durch einen Dampfkessel oder dergleichen erzeugten Hochtemperaturdampf oder durch Ultraschall oder Zentrifugalkraft erzeugten Niedertemperaturdampf ein. Dabei ist die Verwendung des Hochtemperaturdampfes eher vorzuziehen, da er die Temperatur der hochgradig feuchten Umgebung leicht erhöhen kann.

[0010] Für den Fall, dass ein aus einer speziellen porösen Keramik bestehendes Transportablett verwendet wird, kann der Dampf auch durch die Poren des Transportabletts zugeführt werden.

[0011] Bei dem Verfahren zur Anfertigung mindestens eines Wabenkörpers erfolgt der vorstehend beschriebene Trocknungsvorgang vorzugsweise, indem die Temperatur des Wabenkörpers gemessen wird und die Bedingungen für die Mikrowellenabstrahlung entsprechend der gemessenen Temperatur geändert werden. In diesem Fall kann der Wabenkörper daran gehindert werden, sich zu sehr zu erwärmen. Es lässt sich also eine zu starke Erwärmung verhindern, die einem Übertrocknen beim Mikrowellentrocknungsvorgang zuzuschreiben wäre.

[0012] Indem die Mikrowellen stets passend abstrahlt werden, lässt sich also während des Trocknungsvorgangs die Temperatur des Wabenkörpers steuern. Auch dann, wenn die Zellwanddicke lediglich 0,125 mm beträgt und der

Außenhautabschnitt verhältnismäßig dünn ist, kann daher ein Reißen oder Runzeln des Außenhautabschnitts während des Trocknungsvorgangs noch besser verhindert werden.

[0013] Bei dem Verfahren zur Anfertigung mindestens eines Wabenkörpers wird die Temperatur des Wabenkörpers vorzugsweise unter Verwendung eines Infrarotstrahlungsthermometers oder eines Laserthermometers gemessen. Die Verwendung des Infrarotstrahlungsthermometers oder des Laserthermometers ermöglicht es, die Temperatur des Wabenkörpers zu messen, ohne den Formkörper zu berühren. Abgesehen davon werden die Infrarotstrahlung und der Laser nicht durch die Mikrowellen beeinträchtigt. Daher lässt sich die Temperatur auch dann präzise in Echtzeit messen, wenn der Wabenkörper der hochgradig feuchten Umgebung ausgesetzt ist und mit Mikrowellen bestrahlt wird.

[0014] Daneben sieht die Erfindung ein System zum Trocknen mindestens eines extrusionsgeformten tonartigen Wabenkörpers vor, um damit mindestens einen Keramikwabenkörper anzufertigen, der aus einer Vielzahl in Wabenform angeordneter Zellen mit höchstens 0,125 mm dicken Zellwänden besteht, wobei das Trockensystem ein Trockenbad, um mehrere Wabenkörper aufzunehmen, einen Befeuchter, um in dem Trockenbad eine hochgradig feuchte Umgebung mit einem Feuchtigkeitsgehalt von wenigstens 70% zu erzeugen, und mindestens einen Mikrowellengenerator umfasst, um dem Trockenbad Mikrowellen im Frequenzbereich von 1000 bis 10 000 MHz zuzuführen.

[0015] Mit diesem Trockensystem lässt sich leicht der Trocknungsvorgang für das angesprochene Fertigungsverfahren realisieren, um damit Wabenkörper hoher Qualität herzustellen. Und zwar werden die zu trocknenden Wabenkörper in das Trockenbad gesetzt und wird der innere Feuchtigkeitsgehalt des Trockenbads durch den Befeuchter auf mindestens 70% erhöht, um die hochgradig feuchte Umgebung zu erzeugen. Die Wabenkörper können in der hochgradig feuchten Umgebung erwärmt werden, indem von den angesprochenen Mikrowellengeneratoren aus Mikrowellen eingeleitet werden. Dadurch lassen sich die Wabenkörper trocknen, ohne dass es zu Rissen oder zu Runzeln in ihrem Außenhautabschnitt kommt.

[0016] Das vorstehend beschriebene Trockensystem kann entweder kontinuierlich oder chargenweise arbeiten. Bei dem kontinuierlichen Trockensystem werden hintereinander mehrere Wabenkörper zugeführt und dem Trockenbad entnommen.

[0017] Bei dem System zum Trocknen mindestens eines Wabenkörpers weist der Befeuchter vorzugsweise eine Hochtemperaturdampfquelle auf, um einen Hochtemperaturdampf erzeugen zu können. Die Hochtemperaturdampfquelle kann ein Dampfkessel sein. In diesem Fall lassen sich sowohl die Temperatur als auch der Feuchtigkeitsgehalt der hochgradig feuchten Umgebung leicht erhöhen.

[0018] Das System zum Trocknen mindestens eines Wabenkörpers umfasst außerdem vorzugsweise eine Einrichtung, mit der während des Trocknens die Temperatur jedes Wabenkörpers gemessen wird, und eine Steuerungseinrichtung, um die Bedingungen für die Mikrowellenabstrahlung entsprechend der gemessenen Temperatur zu ändern. Auf diese Weise kann der Wabenkörper daran gehindert werden, durch Übertrocknen übermäßig erwärmt zu werden, und kann selbst dann, wenn die Zellwand nur 0,125 mm beträgt und der Außenhautabschnitt verhältnismäßig dünn ist, verhindert werden, dass der Außenhautabschnitt beim Trocknungsvorgang Risse oder Runzeln entwickelt.

[0019] Das System zum Trocknen mindestens eines Wabenkörpers umfasst vorzugsweise ein Trockenbad mit einer in einem Teil davon ausgebildeten durchsichtigen Trennwand und einer außerhalb des Trockenbads angeordneten

Einrichtung, um die Temperatur des Wabenkörpers durch die durchsichtige Trennwand hindurch zu messen, ohne den Wabenkörper zu berühren. Dadurch, dass die berührungslose Temperaturmesseinrichtung wie beschrieben außerhalb des Trockenbads angeordnet ist, lässt sich mit einem kompakten, einfachen Aufbau die Temperatur des Wabenkörpers stabil messen.

[0020] Bei dem System zum Trocknen mindestens eines Wabenkörpers ist die Temperaturmesseinrichtung vorzugsweise ein Infrarotthermometer oder ein Laserthermometer. Bei Verwendung des Infrarotthermometers oder des Laserthermometers lässt sich die Temperatur des Wabenkörpers in den Mikrowellen mit hoher Genauigkeit und mit einem verhältnismäßig kompakten Aufbau messen.

[0021] Bei dem System zum Trocknen mindestens eines Wabenkörpers besteht die einen Teil des Trockenbads bildende durchsichtige Trennwand vorzugsweise aus Glas oder einem steifen Kunststoff. Die durchsichtige Trennwand darf die Temperaturmessung durch das berührungslose Thermometer nicht nachteilig beeinflussen, darf nicht durch Mikrowellen erwärmt werden und darf in der hochgradig feuchten Umgebung des Trockenbads keine chemische Reaktion eingehen oder zu einer anderweitigen Änderung der Eigenschaften führen. Solange diese Erfordernisse erfüllt sind, kann die durchsichtige Trennwand ohne Einschränkungen aus einem beliebigen Material bestehen. Allerdings sind Glas oder steife Kunststoffe leicht verfügbar und können das erforderliche Leistungsprofil über mehrere Jahre erbringen.

[0022] Das System zum Trocknen mindestens eines Wabenkörpers umfasst vorzugsweise eine Wasserentferneinrichtung, um zu verhindern, dass an der näher an dem Trockenbad befindlichen Seite der einen Teil des Trockenbads bildenden durchsichtigen Trennwand Wassertropfen anhaften. Wenn die Temperatur des Wabenkörpers unter Verwendung des angesprochenen berührungslosen Thermometers gemessen wird, lassen sich auf diese Weise Fehler unterdrücken, die andernfalls durch die an die Oberfläche der durchsichtigen Trennwand anhaftenden Wassertropfen hervorgerufen würden.

[0023] Bei dem System zum Trocknen mindestens eines Wabenkörpers ist die Wasserentferneinrichtung vorzugsweise ein Gebläse, das die Luft auf die näher an dem Trockenbad befindliche Seite der durchsichtigen Trennwand bläst. Indem die Luft auf die beschriebene Weise zugeblasen wird, kann mit einer verhältnismäßig kompakten, einfachen Einrichtung verhindert werden, dass Wassertropfen an der Oberfläche der durchsichtigen Trennwand anhaften.

[0024] Bei dem System zum Trocknen mindestens eines Wabenkörpers ist das Gebläse vorzugsweise so ausgeführt, dass es eine Kapazität von wenigstens 0,5 m³/min hat. Falls die Kapazität des Gebläses weniger als 0,5 m³/min beträgt, können die Wassertropfen unter Umständen nicht vollständig daran gehindert werden, an der Oberfläche der durchsichtigen Trennwand anzuhaften.

[0025] Im Folgenden wird die Erfindung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen anhand von Ausführungsbeispielen beschrieben. Es zeigen:

[0026] Fig. 1 eine Darstellung zur Erläuterung des Aufbaus eines Trockensystems gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung;

[0027] Fig. 2(a) eine Perspektivansicht eines Wabenkörpers und

[0028] Fig. 2(b) eine Darstellung zur Erläuterung der Zellwanddicke beim ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

[0029] Fig. 3 eine Darstellung zur Erläuterung des Zusammenhangs zwischen dem inneren Feuchtigkeitsgehalt des Trockenbads und dem Riss-/Runzelfehleranteil bei einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

[0030] Fig. 4 eine Darstellung zur Erläuterung des Zusammenhangs zwischen der Porosität eines Transporttablets, dem inneren Feuchtigkeitsgehalt des Trockenbads und der Eluierung des Wabenkörpers bei einem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

[0031] Fig. 5 eine Darstellung zur Erläuterung des Aufbaus eines Trockensystems gemäß eines vierten Ausführungsbeispiel der Erfindung; und

[0032] Fig. 6 eine Darstellung zur Erläuterung eines Verfahrens zur Messung der Temperatur bei einem Trockensystem gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Erstes Ausführungsbeispiel

[0033] Unter Bezugnahme auf die Fig. 1, 2(a) und 2(b) wird zunächst ein erstes erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel des Verfahrens zur Anfertigung mindestens eines Wabenkörpers und des Trockensystems erläutert.

[0034] Wie aus den Fig. 2(a) und 2(b) hervorgeht, wird bei diesem Ausführungsbeispiel ein Keramikwabenkörper 1 angefertigt, der eine Vielzahl von in Wabenform angeordnete Zellen 10 mit mehreren Zellwänden 11 enthält, die eine Dicke t1 von höchstens 0,125 mm aufweisen. Wie in den Fig. 2(a) und 2(b) gezeigt ist, umfasst der Wabenkörper bei diesem Ausführungsbeispiel mehrere quadratische Zellen 10 und einen zylinderförmigen Außenhautabschnitt 12, der eine Dicke t2 von höchstens 0,5 mm aufweist. Die Form der Zellen und die Form des Wabenkörpers als Ganzes können aber je nach Anwendungsgebiet auch geändert werden.

[0035] Bei dem Verfahren dieses Ausführungsbeispiels wird der durch einen Extrusionsformvorgang hergestellte tonartige Wabenkörper 1 getrocknet, indem er einer hochgradig feuchten Umgebung mit einem Feuchtigkeitsgehalt von wenigstens 70% ausgesetzt wird, während er gleichzeitig mit Mikrowellen im Frequenzbereich von 1000 bis 10 000 MHz bestrahlt wird.

[0036] Es folgt nun eine ausführlichere Beschreibung dieses Ausführungsbeispiels.

[0037] Bei der Anfertigung des Wabenkörpers 1 gemäß diesem Ausführungsbeispiel werden in einem ersten Schritt 5 Gewichtsteile organisches Bindemittel und 15 Gewichtsteile Wasser zu 100 Gewichtsteilen Keramikpulvermaterial aus hauptsächlich Cordierit hinzugegeben und wird dieses Gemisch geknetet, damit sich ein tonartiges Keramikmaterial ergibt.

[0038] Im nächsten Schritt wird das Keramikmaterial unter Verwendung eines (nicht gezeigten) Extruders aus einem wabenförmigen Werkzeug heraus extrudiert und wird das extrudierte Wabenkörperrohmaterial nacheinander in mehrere Formkörper vorbestimmter Länge geschnitten, um auf diese Weise mehrere tonartige Wabenkörper 1 zu erzeugen. Der Extruder kann ein Kolbenextruder, eine Strangpressextruder oder dergleichen sein.

[0039] Bei diesem Ausführungsbeispiel ist im wabenförmigen Werkzeug die Schlitzbreite jedes Zellwandabschnitts auf 0,115 mm und die Schlitzbreite des Außenhautabschnitts auf 0,3 mm eingestellt.

[0040] Die wie oben beschrieben durch Extrusionsformen erhaltenen dünnwandigen Wabenkörper 1 werden unter Verwendung des in Fig. 1 gezeigten Trockensystems 3 getrocknet.

[0041] Das in Fig. 1 gezeigte Trockensystem 3 umfasst ein Trockenbad 30, um die Wabenkörper 1 aufzunehmen, einen Befeuchter 32, um in dem Trockenbad 30 eine hochgradig feuchte Umgebung mit einem Feuchtigkeitsgehalt von wenigstens 70% zu erzeugen, und mehrere Mikrowellengeneratoren 34, um dem Trockenbad 30 Mikrowellen im Fre-

quenzbereich von 1000 bis 10 000 Megahertz zuzuführen. [0042] Das Trockenbad 30 hat eine Größe, die die Aufnahme mehrerer durch ein nachstehend beschriebenes Transportsystem 4 zugeführter Wabenkörper 1 erlaubt.

[0043] Von den vier Mikrowellengeneratoren 34 gehen jeweils Wellenleiter 340 aus, die mit den vier Eckabschnitten der Seitenwand 303 verbunden sind und sich dort öffnen. Diese Öffnungen bilden Mikrowelleneinlässe 341.

[0044] Außerdem zweigen von einem den Befeuchter 32 bildenden Dampfkessel zwei Dampfrohre 320 ab, die jeweils mit seitlich beabstandeten Punkten der Seitenwand 303 verbunden sind und sich dort öffnen. Diese Öffnungen bilden Dampfeinlässe 321. Der durch die Dampfeinlässe 321 eingeleitete Dampf ist ein wie oben beschriebener von dem Heizkessel abgegebener Hochtemperaturdampf und hat eine Temperatur von wenigstens 80°C.

[0045] Das Trockensystem 3 umfasst bei diesem Ausführungsbeispiel außerdem ein Transportsystem 4 zum Transport der Wabenkörper. Das Transportsystem 4 ist als kontinuierliches System ausgeführt, um dem Trockenbad 30 kontinuierlich mehrere Wabenkörper 1 zuzuführen und zu entnehmen.

[0046] Dazu ist in dem Trockenbad 30 ein Förderband 41 angeordnet, das den Einlassabschnitt 301 und den Auslassabschnitt 302 des Trockenbads 30 verbindet. Außerhalb des Auslassabschnitts des Trockenbads 30 befindet sich außerdem eine Rollbahn 42.

[0047] Das Transportsystem 4 mit dem Förderband 41 und der Rollbahn 42 ist so gestaltet, dass es Transporttablets 5 transportiert, auf die jeweils ein Wabenkörper 1 gesetzt ist. Bei diesem Ausführungsbeispiel bestehen die Transporttablets 5 aus einer porösen Keramik (in diesem Fall aus Cordierit), die einen dielektrischen Verlust von höchstens 0,1, eine Porosität von mindestens 10% und ein offenes Querschnittsflächenverhältnis (sectional open area ratio) von mindestens 50% aufweist. Dieses Material kann durch ein Harnstoffharz oder dergleichen ersetzt werden. Auf jedem Transporttablett 5 berührt eine der offenen Endflächen der Zellen 10 des Wabenkörpers 1 die Oberseite 51 des Transporttablets 5. Infolgedessen verlaufen die Zellen 10 des Wabenkörpers 1 in vertikaler Richtung und stehen mit den Poren des Transporttablets 5 in Verbindung.

[0048] Unter der Rollbahn 42 befindet sich außerhalb des Trockenbads 30 ein Heißluftgenerator 36. Dieser Heißluftgenerator 36 ist so ausgeführt, dass er von unterhalb der sich auf der Rollbahn 42 bewegendes Transporttablets 5 120°C warme Heißluft nach oben bläst. Diese Temperatur reicht nicht aus, um das in den Wabenkörpern 1 enthaltene Bindemittel zu verbrennen.

[0049] Beim Trocknen der extrusionsgeformten Wabenkörper 1 mit dem wie vorstehend beschrieben gestalteten Trockensystem wird in einem ersten Schritt zunächst jeweils einer der eine vorbestimmte Länge aufweisenden Wabenkörper 1 auf das Transporttablett 5 gesetzt und wird das sich ergebende Paar des Formkörpers 1 und des Tablets 5 anschließend wie in Fig. 1 gezeigt auf das Förderband 41 gesetzt. Die Wabenkörper 1 werden daher hintereinander in das Trockenbad 30 transportiert.

[0050] Jeder der in das Trockenbad geschickten Wabenkörper 1 wird, während er sich von dem Einlass 301 aus mit der Bewegung des Förderbands 41 zum Auslass 302 bewegt, getrocknet.

[0051] Im Innern des Trockenbads 30 ist für eine hochgradig feuchte Umgebung gesorgt, die mit Hilfe des von dem Befeuchter 32 zugeleiteten Hochtemperaturdampfs bei einem Feuchtigkeitsgehalt von wenigstens 70% (wenigstens 80% bei diesem Ausführungsbeispiel) und bei einer Temperatur von wenigstens 80°C gehalten wird. Gleichzeitig wer-

den die durch den Mikrowellengenerator 34 erzeugten Mikrowellen in das Trockenbad 30 eingeleitet. Dadurch werden die Wabenkörper 1 in dem Trockenbad 30 rasch getrocknet, während die Bildung von Rissen oder Runzeln auf dem Außenhautabschnitt 12 verhindert wird.

[0052] Und zwar wird der Wabenkörper 1 dadurch, dass das Trockenbad 30 wie vorstehend beschrieben in einer hochgradig feuchten Hochtemperaturumgebung gehalten wird, nicht so plötzlich erwärmt, dass sich seine Außenfläche verformt, sondern bei einer angemessenen Temperatur gehalten. Dadurch lässt sich der Unterschied bei der Trocknungsgeschwindigkeit zwischen der Außenfläche und dem Innern des Wabenkörpers 1 verringern. Die verschiedenen starke Schrumpfung zwischen dem Inneren und dem Äußeren des Wabenkörpers 1 durch die unterschiedliche Trocknungsgeschwindigkeit kann daher selbst bei dem Wabenkörper 1 dieses Ausführungsbeispiels verringert werden, der eine nur 0,125 mm dünne Zellwand aufweist. Infolgedessen kann die Bildung von Fehlern wie Rissen oder Runzeln in dem Außenhautabschnitt 12 verhindert werden. Außerdem werden bei diesem Ausführungsbeispiel Mikrowellen als Heizung verwendet. Die Mikrowellen lassen sich über die Wellenleiter 340 auch dann leicht einleiten, wenn das Innere des Trockenbads 30 wie oben beschrieben eine hochgradig feuchte Umgebung bildet. Der Wabenkörper lässt sich daher dielektrisch erwärmen, ohne dass die Anlage kompliziert aufgebaut sein müsste.

[0053] Bei diesem Ausführungsbeispiel lässt sich also während des Trocknens durch die Kombination aus Mikrowellenerwärmung und hochgradig feuchter Umgebung die Bildung von Rissen oder Runzeln im Außenhautabschnitt selbst dann ausreichend verhindern, wenn die Zellwanddicke nicht mehr als 0,125 mm und die Dicke des Außenhautabschnitts nicht mehr als 0,3 mm beträgt.

[0054] Des weiteren wird bei diesem Ausführungsbeispiel nach dem Trocknungsvorgang in der hochgradig feuchten Umgebung des Trockenbads 30 die von dem Heißluftgenerator 36 erzeugte Heißluft auf den Wabenkörper 1 aufgebracht, so dass sie durch dessen Zellen 10 hindurchgeht. Der Wabenkörper 1 wird bei diesem Ausführungsbeispiel daher durch die Kombination aus Mikrowellenerwärmung in der hochgradig feuchten Umgebung und Heißluft getrocknet. Dabei wird der Wabenkörper 1 zunächst durch die Mikrowellen in der hochgradig feuchten Umgebung so weit getrocknet, dass der Wassergehalt des Wabenkörpers bei 10 bis 20% des Gehalts vor dem Trocknen verbleibt. Danach wird der Wabenkörper 1 durch Heißluft endgetrocknet, um auf einen Wassergehalt von nicht mehr als 5% zu kommen.

[0055] Auf die oben beschriebene Weise lässt sich die Mikrowellenerwärmung in der hochgradig feuchten Umgebung leicht steuern, wodurch Schwierigkeiten vermieden werden, etwa dass die Bindemittelkomponente des Wabenkörpers durch übermäßige Mikrowellenerwärmung verbrennt. Durch die Heißluft, deren Temperatur nicht hoch genug ist, um eine übermäßige Erwärmung herbeizuführen, lässt sich die Endtrocknung dann mit hoher Genauigkeit durchführen.

[0056] Dadurch, dass das Trockensystem 3 gemäß diesem Ausführungsbeispiel das vorstehend beschriebene Transportsystem 4 enthält, hat es einen Aufbau, der einen kontinuierlichen Betrieb ermöglicht. Der Trocknungsvorgang lässt sich daher effizient durchführen.

[0057] Darüber hinaus kommt bei den Transporttablets 5 dieses Ausführungsbeispiels mit Cordierit eine poröse Spezialkeramik zum Einsatz, deren dielektrischer Verlust höchstens 0,1 beträgt, deren Porosität mindestens 10% beträgt und die ein offenes Querschnittsverhältnis von mindestens 50% aufweist. Dadurch lässt sich verhindern, dass

sich während des Mikrowellentrocknungsvorgangs Wasser ansammelt und sich die Temperatur des Transporttablets 5 erhöht. Darüber hinaus kann während der Erwärmung mit der Heißluft die Heißluft leicht durch die Poren hindurch in die Zellen 10 gelangen.

Zweites Ausführungsbeispiel

[0058] Bei diesem Ausführungsbeispiel wurde ein Versuch durchgeführt, um den Zusammenhang zwischen dem Feuchtigkeitsgehalt und der Qualität des Außenhautabschnitts zu bestimmen, wenn der Feuchtigkeitsgehalt bei Verwendung des Trockensystems 3 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel unter Änderung der in das Trockenbad 30 eingeleiteten Menge des Hochtemperaturdampfes geändert wird. Dabei fanden abgesehen von dem Feuchtigkeitsgehalt die gleichen Bedingungen wie beim ersten Ausführungsbeispiel Anwendung.

[0059] Die Testergebnisse sind in Fig. 3 gezeigt, in der die Abszisse die Innentemperatur des Trockenbads 30 und die Ordinate den Riss-/Runzelfehleranteil des Außenhautabschnitts angibt. In jedem Versuchsdurchgang wurden 20 Wabenkörper untersucht und wurde durch Bestimmung des Prozentanteils derjenigen Wabenkörper, die auch nur im geringen Maße Risse oder Runzeln zeigten, als fehlerhafte Produkte als Fehleranteil der Anteil der fehlerhaften Produkte berechnet.

[0060] Wie in Fig. 3 zu erkennen ist, beginnt die Wirkung der Riss-/Runzelverhinderung bei einem Feuchtigkeitsgehalt von mehr als 50%. Dabei können die Risse und Runzeln bei einem Feuchtigkeitsgehalt von 70% oder mehr fast vollständig verhindert werden.

Drittes Ausführungsbeispiel

[0061] Bei diesem Ausführungsbeispiel wurde eine Versuch durchgeführt, um zu überprüfen, ob durch Wasser, das sich während des Trocknungsvorgangs ansammelt, Funktionsstörungen auftreten, wenn bei dem ersten Ausführungsbeispiel sowohl die Porosität des Transporttablets 5 als auch der innere Feuchtigkeitsgehalt des Trockenbads 30 geändert wurden. Abgesehen von der Porosität des Transporttablets 5 und dem Feuchtigkeitsgehalt des Trockenbads 30 entsprachen die Bedingungen ansonsten denen des ersten Ausführungsbeispiels.

[0062] Die Versuchsergebnisse sind in Fig. 4 gezeigt, in der die Abszisse die Porosität des Transporttablets und die Ordinate den Feuchtigkeitsgehalt des Trockenbads angibt. Die einzelnen Durchgänge des Trocknungsvorgangs wurden jeweils bei einer Bedingung durchgeführt, wodurch sich die gezeigte Darstellung ergab, in der X für den Fall steht, dass eine auch nur geringe Eluierung der Zellwände oder des Außenhautabschnitts auftrat, und O für den Fall steht, dass es zu keiner solchen Eluierung kam.

[0063] Wie in Fig. 4 zu erkennen ist, kommt es um so leichter zu einer Eluierung, je höher der Feuchtigkeitsgehalt ist.

[0064] Für den Fall, dass der Feuchtigkeitsgehalt wenigstens 70% beträgt, kann die Eluierung verhindert werden, wenn die Porosität des Transporttablets auf mindestens 10% eingestellt wird. Außerdem ist zu erkennen, dass die Eluierung bei einem Feuchtigkeitsgehalt von 100% verhindert werden kann, wenn die Porosität des Transporttablets auf mindestens 25% eingestellt wird.

Viertes Ausführungsbeispiel

[0065] Dieses Ausführungsbeispiel veranschaulicht den

Fall, bei dem ein chargenweise arbeitendes Trockensystem 6 verwendet wird.

[0066] Wie in Fig. 5 gezeigt ist, umfasst das Trockensystem 6 dieses Ausführungsbeispiels ein Trockenbad 60, das den Wabenkörper 1 aufnimmt, einen Befeuchter 62, der in dem Trockenbad 60 eine hochgradig feuchte Umgebung mit einem Feuchtigkeitsgehalt von wenigstens 70% erzeugt, und mehrere Mikrowellengeneratoren 64, die dem Innern des Trockenbads 60 Mikrowellen im Frequenzbereich von 1000 bis 10 000 MHz zuführen.

[0067] In dem Trockenbad 60 ist ein Träger 68 angeordnet, der mehrere, jeweils auf ein Transporttablett 5 gesetzte Wabenkörper 1 tragen kann. Der Träger 68 ist luftdurchlässig, da er mehrere vertikale Durchgangslöcher aufweist.

[0068] Abgesehen davon, gehen von den vier Mikrowellengeneratoren 64 Wellenleiter 640 aus, die mit den vier Eckabschnitten einer Seitenwand 603 des Trockenbads 60 verbunden sind und sich dort öffnen. Die Öffnungen bilden Mikrowelleneinlässe 641. Außerdem weist das Trockenbad 60 einen nicht gezeigten Einlass und Auslass auf, durch den die Wabenkörper 1 eingebracht und entnommen werden können.

[0069] Zwei Dampfrohre 620, die von einem den Befeuchter 62 bildenden Dampfkessel abzweigen, sind an zwei seitlich beabstandete Punkte der Seitenwand 603 angeschlossen und öffnen sich dort. Diese Öffnungen bilden Dampfeinlässe 621. Der von den Dampfeinlässen 621 eingelassene Dampf entspricht dem vorstehend beschriebenen, von dem Dampfkessel abgegebenen Hochtemperaturdampf und hat eine Temperatur von wenigstens 80°C.

[0070] Bei diesem Ausführungsbeispiel ist in dem Trockenbad 60 ein Heißluftgenerator 66 angeordnet. Dieser Heißluftgenerator ist so ausgeführt, dass er von unterhalb des Trägers 68 120°C warme Heißluft nach oben bläst. Die Heißluft strömt durch den Träger 68 und die Transporttablets 5 und geht durch die Zellen 10 der Wabenkörper 1 hindurch. Die Transporttablets 5 entsprechen denen des ersten Ausführungsbeispiels.

[0071] Wenn die Formkörper 1 unter Verwendung des Trockensystems 6 getrocknet werden, werden auf die Transporttablets 5 in einem ersten Schritt mehrere Wabenkörper 1 vorbestimmter Länge gesetzt, in die das Wabenkörperrohrmaterial geschnitten wurde, und werden diese wie in Fig. 5 gezeigt auf dem Träger 68 angeordnet. In diesem Zustand wird von dem Befeuchter 62 in das Trockenbad 60 Hochtemperaturdampf eingeleitet, um dadurch eine hochgradig feuchte Umgebung mit einem Feuchtigkeitsgehalt von wenigstens 70% zu bilden, während gleichzeitig zur Durchführung des Mikrowellenheizvorgangs von den Mikrowellengeneratoren 64 Mikrowellen eingeleitet werden.

[0072] Bei diesem Ausführungsbeispiel wird der Mikrowellenheizvorgang solange durchgeführt, bis sich der Wassergehalt des Wabenkörpers 1 auf 10 bis 20% verringert hat. Danach werden die Einleitung des Hochtemperaturdampfes wie auch der Mikrowellen unterbrochen. Nachdem das Innere des Trockenbads 60 entlüftet wurde, wird von dem Heißluftgenerator 66 Heißluft nach oben geblasen. Dadurch kann die Heißluft durch den Träger 68 und die Transporttablets 5 hindurch durch die Zellen jedes Wabenkörpers 1 hindurchgehen. Auf diese Weise wird der Wassergehalt des Wabenkörpers 1 auf 5% oder weniger reduziert, um die Wabenkörper 1 endzutrocknen. Danach werden die Wabenkörper 1 aus dem Trockenbad 60 genommen und wird eine weitere Charge zu trocknender Wabenkörper 1 in dem Trockenbad 60 angeordnet. Die oben beschriebene Abfolge von Trocknungsschritten kann dann wiederholt werden.

[0073] Bei diesem Ausführungsbeispiel lässt sich unter Verwendung des chargenweise arbeitenden Trockensystems

6 ähnlich wie bei dem Trockensystem 3 des ersten Ausführungsbeispiels eine hervorragende Trocknung erzielen.

[0074] Die Funktionsweise und Wirkungen entsprechen ansonsten denen des ersten Ausführungsbeispiels.

Fünftes Ausführungsbeispiel

[0075] Dieses Ausführungsbeispiel veranschaulicht den Fall, dass der oben beschriebene Trocknungsvorgang unter Steuerung der Temperatur der Wabenkörper 1 in dem Trockenbad erfolgt.

[0076] Wie in Fig. 6 gezeigt ist, wird zur Durchführung dieses Trockenvorgangs das Trockensystem 3 verwendet. Das Trockensystem 3 gemäß diesem Ausführungsbeispiel umfasst eine Einrichtung, mit der sich die Temperatur der Wabenkörper 1 in dem Trockenbad 30 messen lässt, und ist abgesehen von dem Aufbau des ersten Ausführungsbeispiels so ausgeführt, dass die Mikrowellenausgangsleistung entsprechend der gemessenen Temperatur geändert werden kann.

[0077] Bei diesem Ausführungsbeispiel besteht die Temperaturmessereinrichtung aus einem Infrarotstrahlungsthermometer 351. Hierzu bildet eine durchsichtige Trennwand 350 einen Teil der Seitenwand 304 des Trockenbads 30 und ist das Infrarotstrahlungsthermometer 351 an einer Position angeordnet, von der der Wabenkörper 1 in dem Trockenbad 30 durch die durchsichtige Trennwand 350 hindurch sichtbar ist.

[0078] Um Wassertropfen daran zu hindern, an der Innenfläche der durchsichtigen Trennwand 350 anzuhaften, wird außerdem durch ein Luftrohr 351 stets Luft zugeführt.

[0079] Abgesehen davon sind das Infrarotstrahlungsthermometer 351 und die Mikrowellengeneratoren 34 miteinander über eine nicht gezeigte Signalleitung verbunden.

[0080] Bei diesem Ausführungsbeispiel wird für das Material der durchsichtigen Trennwand 350 Glas eingesetzt, doch kann es auch bei gleicher Wirkung durch einen harten Kunststoff ersetzt werden.

[0081] Des weiteren kann die Temperaturmessereinrichtung anstatt des Infrarotstrahlungsthermometers 351 auch ein Laserthermometer sein.

[0082] Die Trocknung der Wabenkörper 1 erfolgt unter Verwendung des vorstehend beschriebenen Trockensystems 3.

[0083] Bei diesem Ausführungsbeispiel wird die Temperatur der Wabenkörper 1 in dem Trockenbad 30 durch die durchsichtige Trennwand 350 hindurch von dem Infrarotthermometer 351 auf der Grundlage der Wellenlänge des von dem jeweiligen Wabenkörper 1 abgestrahlten Infrarotlichts gemessen.

[0084] Während der Temperaturmessung wird auf die Innenfläche der durchsichtigen Trennwand stets Luft in einer Menge von 0,5 m³/min geblasen. Selbst dann, wenn in dem Trockenbad 30 eine hochgradig feuchte Hochtemperaturumgebung vorhanden ist, werden Wassertropfen daher daran gehindert, an der Innenfläche der durchsichtigen Innenwand anzuhaften, was eine präzise Temperaturmessung ermöglicht.

[0085] Entsprechend der auf diese Weise gemessenen Temperatur erfolgt eine An/Aus-Steuerung der Mikrowellengeneratoren 34. Und zwar werden die Mikrowellen von den Mikrowellengeneratoren 34 nicht zugeführt, wenn die Temperatur des Wabenkörpers 1 wenigstens 110°C beträgt, und wird die Zufuhr der Mikrowellen von den Mikrowellengeneratoren 34 wieder aufgenommen, wenn die Temperatur höchstens 80°C beträgt.

[0086] Die Gestaltung, Funktionsweise und Wirkungen sind ansonsten die gleichen wie beim ersten Ausführungs-

beispiel.

[0087] Bei dem Trockensystem 3 dieses Ausführungsbeispiels erfolgt der Mikrowellentrocknungsvorgang, während die Temperatur der Wabenkörper 1 bei ungefähr 100°C gehalten wird. Bei diesem Ausführungsbeispiel lässt sich daher eine übermäßige Erwärmung während der Mikrowellentrocknung verhindern. Die Wabenkörper 1 werden daher nach Maßgabe der Erfindung getrocknet, während die hervorragende Qualität des Trocknungsvorgangs aufrechterhalten werden kann.

[0088] Ungeachtet der Tatsache, dass die Mikrowellengeneratoren 34 bei dem vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiel einer An/Aus-Steuerung unterliegen, ist die Erfindung nicht auf ein solches Steuerungsverfahren beschränkt. Falls der Wabenkörper 1 mit 130°C beispielsweise eine höhere Temperatur als während der An/Aus-Steuerung erreicht, kann die Mikrowellenzufuhr unterbrochen werden, ohne weitere Maßnahmen zu ergreifen.

[0089] Indem der Steuerungsbetrieb auf die obige Weise durchgeführt wird, lässt sich verhindern, dass die Wabenkörper 1 zu stark trocknen.

[0090] Offenbart sich ein Verfahren zur Anfertigung mindestens eines Wabenkörpers und ein Trockensystem, mit dem eine Wabenformkörper mit einer Zellwanddicke von höchstens 0,125 mm getrocknet werden kann, ohne dass es im Außenhautabschnitt zu Rissen oder Runzeln kommt. Bei dem Verfahren wird zur Anfertigung eines Keramikwabenformkörpers (1) mit einer Vielzahl von Zellen (10), die durch in Wabenform angeordnete Zellwände (11) mit einer Dicke von höchstens 0,125 mm definiert werden, ein extrusionsgeformter tonartiger Wabenkörper 1 getrocknet, indem er einer hochgradig feuchten Umgebung mit einem Feuchtigkeitsgehalt von wenigstens 70% ausgesetzt wird, während er gleichzeitig mit Mikrowellen im Frequenzbereich von 1000 bis 10 000 MHz bestrahlt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Anfertigung mindestens eines Keramikwabenkörpers (1), der eine Vielzahl von Zellen (10) mit höchstens 0,125 mm dicken Wänden (11) umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein extrusionsgeformter tonartiger Wabenkörper (1) getrocknet wird, indem er einer hochgradig feuchten Umgebung mit einem Feuchtigkeitsgehalt von wenigstens 70% ausgesetzt und mit Mikrowellen einer Frequenz von 1000 bis 10 000 MHz bestrahlt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Temperatur der hochgradig feuchten Umgebung mindestens 80°C beträgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die hochgradig feuchte Umgebung unter Zufuhr von Hochtemperaturdampf gebildet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Trocknungsvorgang erfolgt, indem die Temperatur des Wabenkörpers gemessen wird und die Bedingungen für die Mikrowellenabstrahlung entsprechend der gemessenen Temperatur geändert werden.
5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem die Temperatur des Wabenkörpers unter Verwendung entweder eines Infrarotstrahlungsthermometers oder eines Laserthermometers gemessen wird.
6. System (3; 6) zum Trocknen mindestens eines extrusionsgeformten tonartigen Wabenkörpers (1) bei der Anfertigung mindestens eines Keramikwabenkörpers (1), der aus einer Vielzahl in Wabenform angeordneter Zellen (10) mit höchstens 0,125 mm dicken Zellwänden besteht (11), mit:

einem Trockenbad (30; 60), um mehrere Wabenkörper aufzunehmen;

einem Befeuchter (32; 62), um in dem Trockenbad eine hochgradig feuchte Umgebung mit einem Feuchtigkeitsgehalt von wenigstens 70% zu erzeugen; und mindestens einem Mikrowellengenerator (34; 64), um dem Trockenbad Mikrowellen im Frequenzbereich von 1000 bis 10 000 MHz zuzuführen.

7. System (3; 6) nach Anspruch 6, bei dem der Befeuchter (32; 62) eine Hochtemperaturdampfquelle zur Erzeugung von Hochtemperaturdampf aufweist.

8. System (3) nach Anspruch 6, mit einer Einrichtung (351) zur Messung der Temperatur des Wabenkörpers (1) während des Trocknens und einer Steuerungseinrichtung zur Änderung der Bedingungen für die Mikrowellenabstrahlung entsprechend der gemessenen Temperatur.

9. System (3) nach Anspruch 8, bei dem ein Teil des Trockenbads (30) mit einer durchsichtigen Trennwand (350) ausgebildet ist und außerhalb des Trockenbads eine Einrichtung (351) angeordnet ist, um die Temperatur des Wabenkörpers (1) durch die durchsichtige Trennwand hindurch zu messen, ohne den Wabenkörper zu berühren.

10. System (3) nach Anspruch 9, bei dem die Temperaturmesseinrichtung (351) entweder ein Infrarotthermometer oder ein Laserthermometer ist.

11. System (3) nach Anspruch 10, bei dem die einen Teil des Trockenbads (30) bildende durchsichtige Trennwand (350) aus Glas oder einem steifen Kunststoff besteht.

12. System (3) nach Anspruch 9 oder 10, mit einer Wasserentfernungseinrichtung (352), um zu verhindern, dass an der näher an dem Trockenbad (30) befindlichen Seite der einen Teil des Trockenbads bildenden durchsichtigen Trennwand (350) Wassertropfen anhaften.

13. System (3) nach Anspruch 12, bei dem die Wasserentfernungseinrichtung (352) ein Gebläse ist, um Luft auf die näher an dem Trockenbad (30) befindliche Seite der durchsichtigen Trennwand (350) zu blasen.

14. System nach Anspruch 13, bei dem das Gebläse vorzugsweise so ausgeführt ist, dass es eine Blaskapazität von wenigstens 0,5 m³/min hat.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Fig. 1

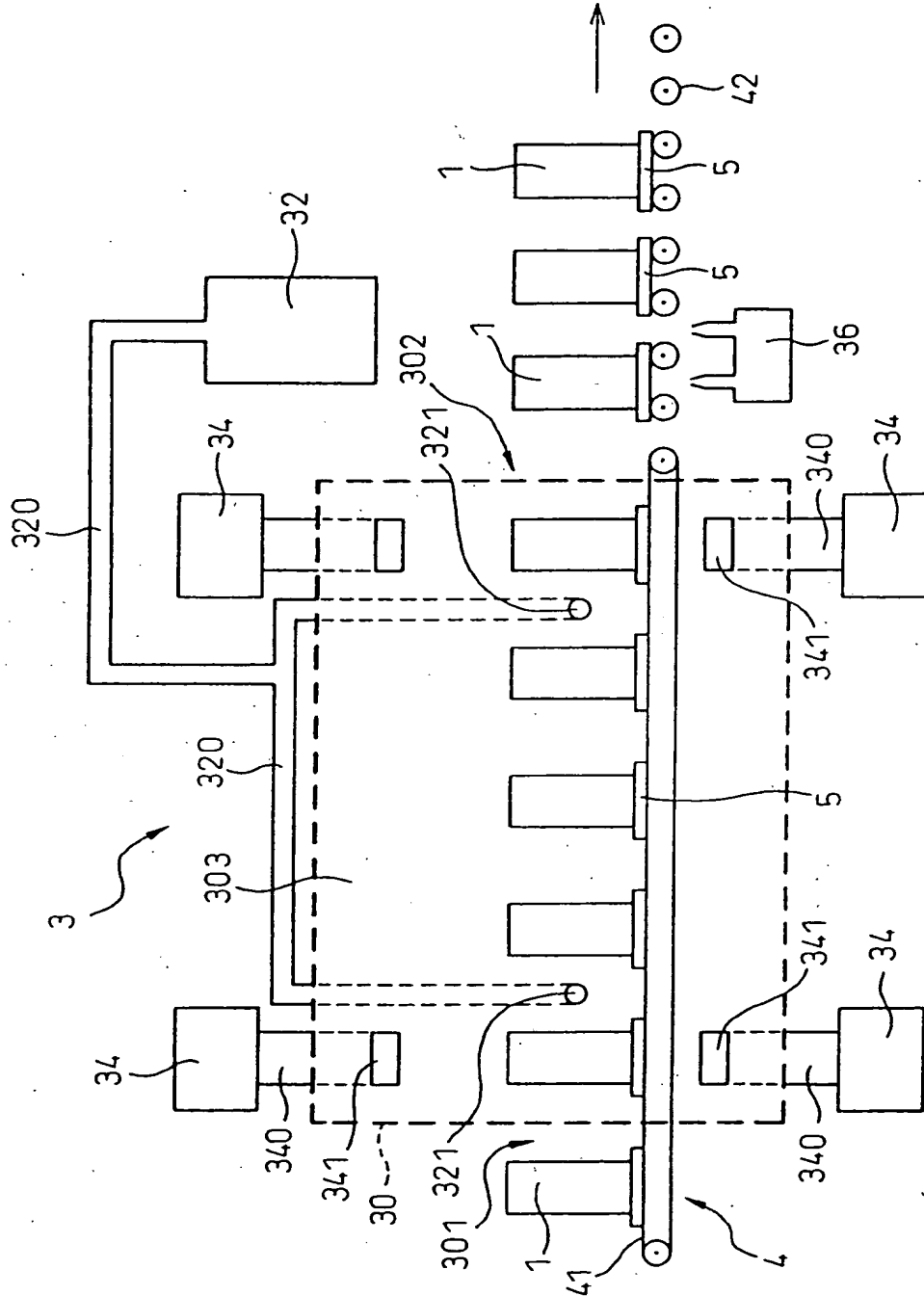


Fig.2(a)

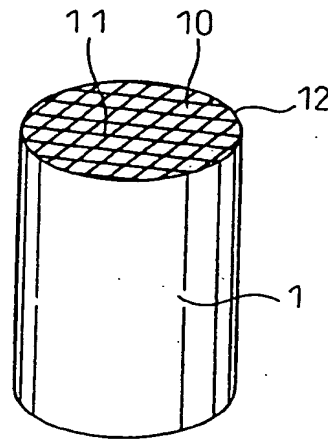


Fig.2(b)

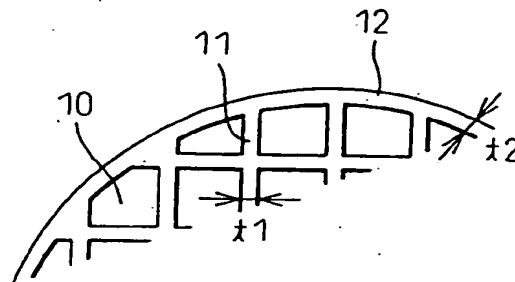


Fig.3

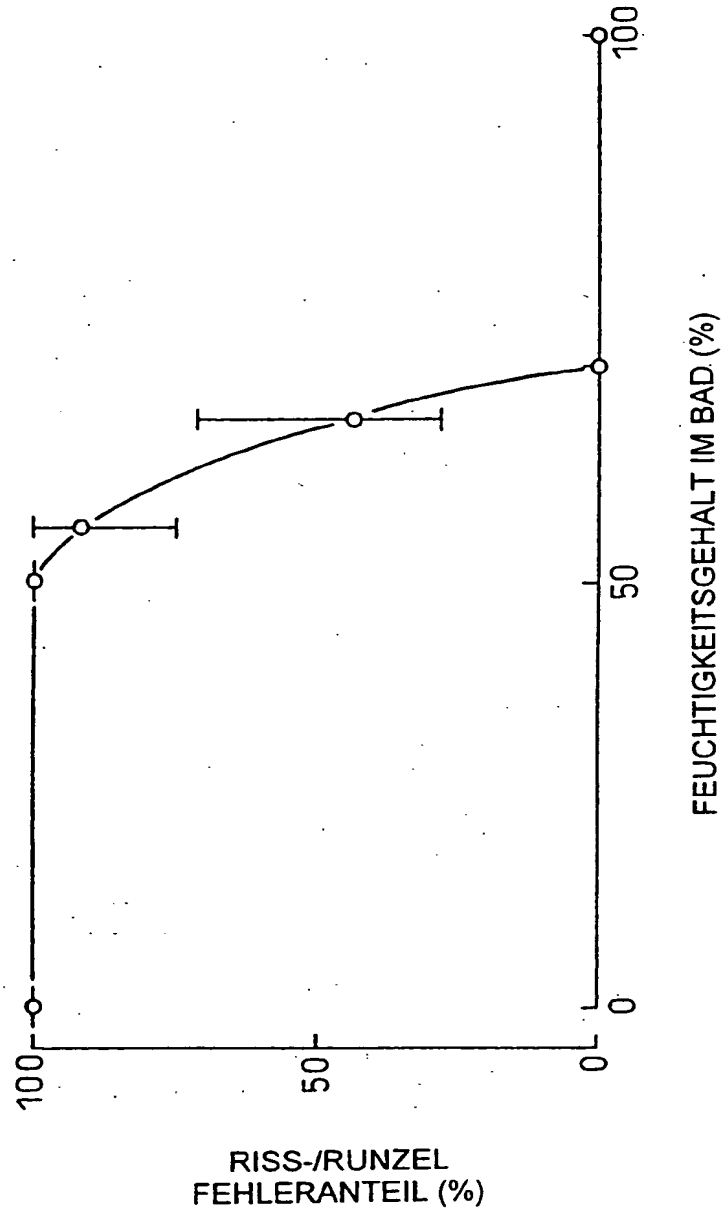
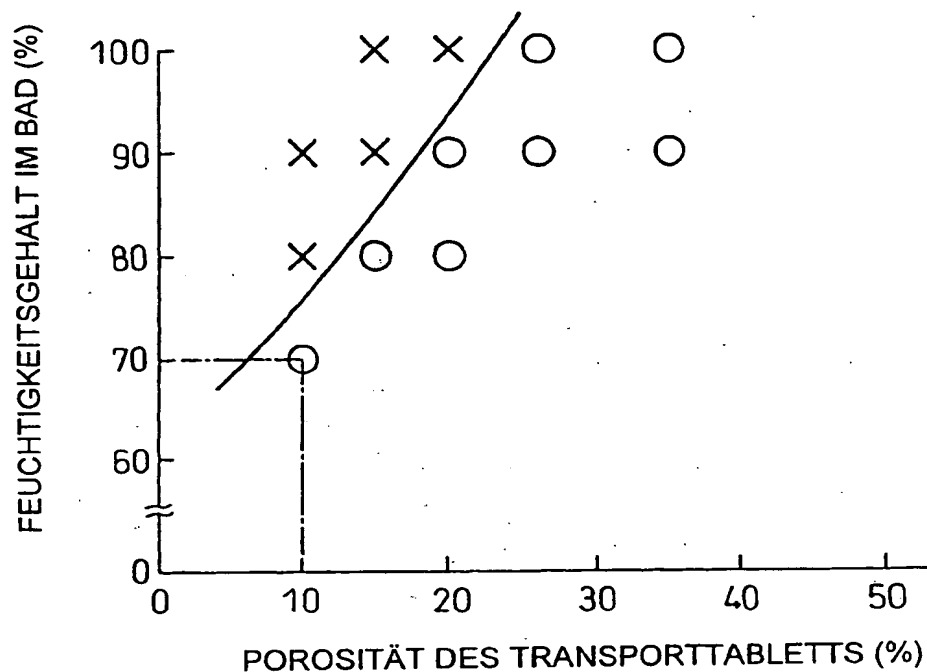


Fig.4



O : KÖRPER NICHT GESCHMOLZEN
X : KÖRPER GESCHMOLZEN

Fig.5

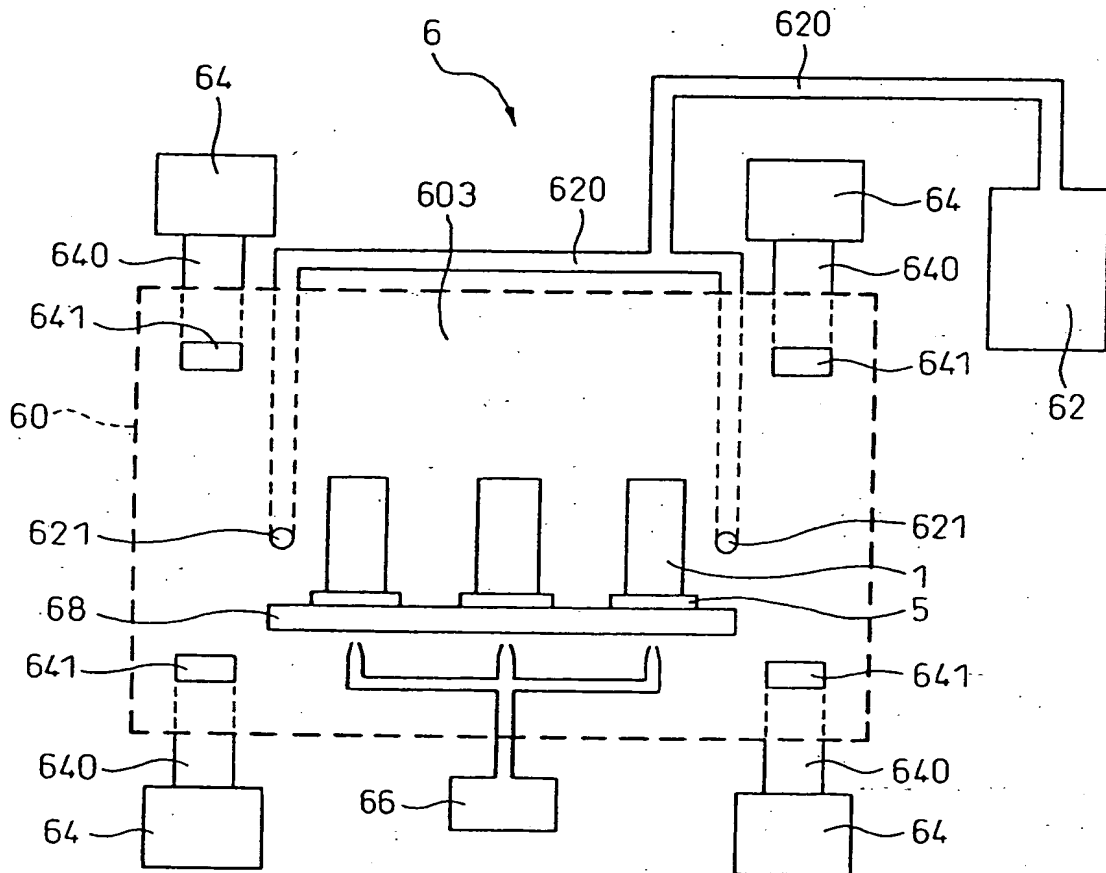


Fig.6

